

## **Vorrichtung zum Herstellen einer Fertigungskontur eines Werkstücks durch Schleifen und Verfahren dazu**

### **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

Bei der Bearbeitung von Werkstücken mittels Schleifen müssen die Rohteile eine Kontur aufweisen, die innerhalb eines Toleranzbandes ein Übermaß im Vergleich zum Maß der Fertigbauteile aufweist. Da die Rohteile das Toleranzband unterschiedlich erfüllen, ist das Schleifprogramm üblicherweise so ausgelegt, dass tastend eine Annäherung an das Material erzielt wird, was zu unnötigen Luftüberläufen (Luftscheiben) führt, wobei kein Material abgetragen wird. Diese Luftüberläufe beanspruchen unnötige Fertigungszeit.

Speziell zur Herstellung von gebauten Nockenwellen werden die Nocken und andere Funktionsbauteile von Nockenwellen nach Toleranzvorgaben als Rohteile gefertigt und auf die Nockenwelle montiert. Dabei entsteht ein Toleranzband, in dem sich die Außenkontur der ungeschliffenen montierten Nocken/Funktionsbauteile bewegt. Diese Kontur wird als Rohteilkontur bezeichnet. Diese Rohteilkontur muss ein Schleifaufmaß besitzen.

Im Anschluss an die Montage werden die Nocken, Lagerstellen und ggf. weitere Funktionsflächen geschliffen. Dabei wird das Schleifaufmaß abgetragen. Das Aufmaß ist erforderlich, um am Ende der Bearbeitung eine wirklich geschliffene Fläche zu erhalten und sicher die Sollkontur (Fertigungskontur) nicht zu unterschreiten.

Das Schleifen erfolgt nach dem Stand der Technik in mehreren Arbeitsgängen in der Weise, dass die Schleifscheibe programmgesteuert sehr schnell an den unter Berücksichtigung der zulässigen Toleranz äußerst möglichen Außenumfang der Rohteilkontur herangefahren wird und anschließend der eigentliche Schleifprozess beginnt. Beim eigentlichen Schleifprozess wird die Schleifscheibe mit vorgegebenem Vorschub bei vorgegebener Drehzahl auf Sollmaß der zu schleifenden Fertigungskontur programmgesteuert gefahren. Diese Zustellbewegung erfolgt relativ langsam, damit das zu schleifende Werkstück nicht überhitzt und die Schleifscheibe nicht beschädigt wird. Je nach Dicke der zu schleifenden Schicht wird die Zustellgeschwindigkeit zu Beginn schneller (Schruppen) und später langsamer (Schlichten, Feinschlichten) eingestellt. Bei Erreichen der Sollkontur erfolgt keine weitere Zustellung. Das Werkstück wird freigefunkt. Nach einer bestimmten Dauer des Freifunkens weist das Werkstück das Sollmaß, d.h. die Fertigungskontur auf und der Prozess wird durch schnelles Zurückfahren der Schleifscheibe beendet. Dabei werden die mehrfach nacheinander folgenden Zustellbewegungen als mehrere Arbeitsgänge bezeichnet.

Die für die Ansteuerung der Schleifscheiben erforderlichen Programme beinhalten Werte für axiale und radiale Vorschübe (Werkstückdrehgeschwindigkeiten) sowie radiale Zustellungen, mit denen die Schleifscheiben an das Werkstück herangefahren werden. Dabei gibt es Schleifmaschinen mit einer und Schleifmaschinen mit mehreren Spindeln.

Nachteilig bei den bisher bekannten Steuerprogrammen für Schleifmaschinen wird je nach Größe der Rohteilkontur, das heißt je nach tatsächlichem Schleifaufmaß des ungeschliffenen Funktionsbauteils, die Schleifscheibe über teilweise mehrere 1/10 mm, trotz fehlendem Kontakt mit dem Werkstück, sehr langsam an die Rohteilkontur des Funktionsbauteils herangefahren. Dieser Vorgang wird in der Fachwelt oft auch mit Luftschleifen bezeichnet. Dabei ist die Dauer des Luftschleifens je nach Lage der Rohteilkontur im Toleranzfeld unterschiedlich. Hierdurch wird in vielen Fällen unnötig viel Zeit für das Schleifen benötigt. Zusätzlich führt die hohe Qualitätsanforderung nach sichereren Fertigungsprozessen dazu, dass der zulässige Toleranzbereich nicht voll ausgeschöpft wird. Dadurch erfolgt in der Mehrheit

der Fälle ein unnötig langes Luftschleifen. Allerdings kann auf das Luftschleifen nicht verzichtet werden, da immer wieder einzelne Rohwerkstücke die größte zulässige Rohteilkontur aufweisen oder aufweisen könnten.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, mit der bzw. mit dem die für die Herstellung einer Fertigkontur eines eine Rohteilkontur aufweisenden Werkstückes durch Schleifen in mehreren Arbeitsgängen benötigte Zeit soweit wie möglich verkürzt und dennoch ein Werkzeugbruch oder eine unzulässige Bauteilerwärmung verhindert wird.

Hinsichtlich der Vorrichtung wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen sind in den Ansprüchen 2 bis 7 beschrieben. Im Hinblick auf das Verfahren wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens sind in den Patentansprüchen 9 und 10 angegeben.

Durch die vorbeschriebene Lösung wird vorteilhaft erreicht, dass ein unnötiges, die Bearbeitungszeit verlängerndes Luftschleifen vermieden wird. Durch die Maßnahme, dass das Messen funktionell von der Schleifmaschine getrennt ist, wird weiterhin vorteilhaft eine weitere Reduzierung der Arbeitszeit auf der im Verhältnis zu einer Prüfeinrichtung teuren Schleifmaschine erreicht.

Die Erfindung betrifft in einer konkreten Ausführungsform eine Vorrichtung zum Schleifen einer Fertigkontur von Nocken einer Nockenwelle mit einer Schleifmaschine und einer diese steuernden Steuereinrichtung, wobei durch die Steuereinrichtung Schleifprogramme vorgebar sind, welche Vorgabewerte hinsichtlich der Schleifparameter Drehzahl des Schleifmittels und/oder des Werkstücks, Vorschub, Zustellung und Axialposition des Werkstückes beinhalten.

Entsprechend der Erfindung weist die Vorrichtung vorzugsweise folgende Komponenten auf:

- eine Messeinrichtung zum Messen der zu schleifenden Rohteilkontur des Werkstückes;
- einen Prozessrechner zur Bestimmung und/oder Auswahl eines oder mehrerer Schleifprogramme;
- eine erste Datenübertragungseinrichtung zwischen der Messeinrichtung und dem Prozessrechner sowie eine zweite Datenübertragungseinrichtung zwischen dem Prozessrechner und der Steuereinrichtung, wobei die von der Messeinrichtung gemessenen Messwerte der Rohteilkontur über die erste Datenübertragungseinrichtung dem Prozessrechner zuführbar sind, in Abhängigkeit von diesen Messwerten im Prozessrechner mindestens ein Schleifprogramm bestimmt und/oder ausgewählt wird und über die zweite Datenübertragungseinrichtung der Steuereinrichtung zuführbar ist und die Schleifmaschine von der Steuereinrichtung entsprechend dem bestimmten und/oder ausgewählten Schleifprogramm steuerbar ist.

Dabei ist es zunächst unerheblich, ob die Datenverbindung mittels einer fixen Verbindung, beispielsweise über Kabel, Funk usw., oder mittels einer nicht fixen Verbindung, beispielsweise über eine Diskette oder Markierungen auf dem Werkstück - der jeweiligen Nockenwelle - usw., dargestellt ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind beide Datenverbindungen als fixe Verbindungen in Form von Kabeln ausgebildet. Die Datenübertragung erfolgt über die üblichen in der Industrie-Steuerungstechnik verwendeten Protokolle bzw. Bussysteme, wie beispielsweise Profibus oder Interbus. Der Prozessrechner kann ein industrietauglicher Personalcomputer, ein Mikrorechner oder eine andere Datenverarbeitungseinrichtung sein.

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer Fertigkontur eines eine Rohteilkontur aufweisenden Werkstückes durch Schleifen in mehreren Arbeitsgängen, vorzugsweise an Nocken einer Nockenwelle, bei welchem die Rohteilkontur des Werkstückes in jedem Arbeitsgang um ein vorgebbares Maß abgeschliffen wird, sodass nach dem letzten Arbeitsgang die Fertigkontur des Werkstückes vorliegt.

Entsprechend der Erfindung werden bei diesem Verfahren folgende Verfahrensschritte ausgeführt:

- a) vor Beginn des Schleifprozesses wird die Rohteilkontur des Werkstückes gemessen;
- b) die ermittelten Messwerte werden direkt oder indirekt an eine Steuereinheit übermittelt;
- c) in Abhängigkeit von diesen Messwerten wird entweder ein auf die tatsächliche Rohteilkontur angepasstes Schleifprogramm errechnet, bei dem die Steuerung der Zustellung des Schleifmittels der Schleifmaschine unter Berücksichtigung der tatsächlichen Rohteilkontur erfolgt, oder ein vorgegebenes und abgespeichertes Schleifprogramm ausgewählt, bei dem die Steuerung der Zustellung des Schleifmittels der Schleifmaschine an die tatsächliche Rohteilkontur im Vergleich zu den übrigen auswählbaren Schleifprogrammen am besten angepasst ist.

Dabei werden die Schleifprogramme auf folgende Art und Weise bestimmt:

Aus der Messung der Rohteilkontur bestimmt sich direkt, bis zu welchem Maß die Schleifscheibe mit maximaler Zustellgeschwindigkeit an das zu schleifende Werkstück herangefahren werden kann. Im Idealfall wird dabei die Schleifscheibe mit maximaler Zustellgeschwindigkeit bis unmittelbar an die Rohteilkontur herangefahren. Es kann aber auch sicherheitshalber die Schleifscheibe nicht vollständig an die gemessene Rohteilkontur herangefahren werden, sondern ein Luftschleifen über eine Strecke von 0,02 mm bis 0,1 mm voreingestellt werden. Die Größe bestimmt sich aus der Messgenauigkeit des Messsystems zur Vermessung der Konturen. Aus der gemessenen Rohteilkontur wird gleichzeitig das Schleifaufmaß, das heißt die Dicke des abzuschleifenden Materials, bestimmt. Daraus werden die verschiedenen Bereiche für das Schrupp-, Schlicht- und Feinschlichtschleifen und damit die zugehörigen Zustellgeschwindigkeiten festgelegt. Dabei ist der Werkstoff einschließlich der Härte und die geometrische Gestaltung des zu schleifenden Werkstückes von Bedeutung. Dünne Bauteile können nicht soviel Wärme abführen wie dicke Massivbauteile. Je nach Werkstoffbeschaffenheit werden unterschiedliche Wärmemengen bei gleicher Zustellgeschwindigkeit freigesetzt. In gleicher Weise werden, je nach Möglichkeit der Maschine, die Drehzahlen von Werkstück und

Werkzeug festgelegt. Zur Auslegung derartiger Programme sind dem Fachmann Kriterien und Vorgaben bekannt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist, entgegen dem Stand der Technik, das Schleifaufmaß, entsprechend der Messgenauigkeit des Messsystems bekannt. Damit wird nach den in der Schleiftechnik üblichen Verfahren das Schleifprogramm mit dem jeweils optimalen Zustellprogramm bestimmt. Das heißt: Es wird jeweils, genau angepasst, die schnellstmögliche Zustellung festgelegt, bei der noch keine Überhitzung des Werkstückes erfolgt und die Fertigungskontur genau erreicht wird. Für die Bestimmung der Zustellprogramme, bei denen der Vorschub je Umdrehung des Werkstückes festgelegt wird, ist die mit dem Schleifprozess erfolgende Energie- und Leistungseinbringung von wesentlicher Bedeutung, damit Schleiffehler, wie Schleifbrand und Weichhautbildung, verhindert werden können. Der dabei zulässige Vorschub ist zudem werkstoffabhängig.

Aufgrund der genauen Kenntnis der abzuschleifenden Schichtdicke wird bei der Erfindung eine genaue Abstimmung der Schrapp- und Schlicht- und Feinschlichtschleifvorgänge ermöglicht. Das jeweils an das abzuschleifende Schleifaufmaß angepasste Schleifprogramm führt dabei oft zu optimierten und verkürzten Schleifzeiten, da z.B. der Zustellweg für das Schrappen im Vergleich zum Schlichten erhöht werden kann, während die Luftschleifphase auf ein Minimum reduziert oder gar eliminiert wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden eine Vielzahl vorberechneter Programme mit ihrer jeweiligen Zuordnung zu einer bestimmten Rohteilkontur im Prozessrechner eingespeichert. Während des Fertigungsprozesses wird das jeweils der gemessenen Rohteilkontur zugeordnete Programm vom Prozessrechner ausgewählt.

In einer anderen vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens ist es sogar möglich, die Schleifprogramme in-line zu berechnen. Als Rechenkriterium kann hier die Energie und/oder Leistungsbilanz verwendet werden. Dabei werden in Abhängigkeit von Schichtdicke und anderen üblichen Parametern die maximal zulässigen Zustell-

wege pro Umdrehung des Werkstücks zugrunde gelegt und mathematisch daraus das Schleifprogramm mit dem Zustellprogramm bestimmt, welches die Bearbeitungszeit minimiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist sowohl für Nockenwellen mit jeder beliebigen Anzahl von Nocken als auch andere zu schleifende Funktionsbauteile anwendbar. Dabei kann für jedes Bauteil ein separates Schleifprogramm oder in einfacheren Fällen auch für Gruppen von Funktionsbauteilen dasselbe Schleifprogramm ausgewählt werden. Die Übertragung der Daten zur Steuerung der Schleifmaschine erfolgt dabei entweder im Block aller für die entsprechenden Teile benötigten Schleifprogramme oder Stück für Stück je nach Bedarf unmittelbar vor Zustellung der Schleifscheibe an die entsprechende Position.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die Bauteile mit Markierungen, wie Seriennummern, Barcodes oder ähnlichem versehen, die im Prozessrechner mit den Messdaten der Rohteilkonturen verknüpft werden. Diese Daten können dann auch off-line an die Steuerung der Schleifmaschine übermittelt werden. Beim Einlaufen der Wellen in die Schleifmaschine werden diese Codes gelesen und daraus die zugehörigen Programme geladen. Dabei ist in einer Weiterbildung die Markierung direkt die Kennzeichnung der zu verwendenden Schleifprogramme.

Anhand der in den Figuren 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiele wird die Erfindung näher erläutert.

Figur 1 zeigt den schematischen Aufbau der erfindungsgemässen Vorrichtung zum Schleifen von Nockenwellen.

In Figur 2 ist der Nocken und die Lage der Fertigteilkontur sowie der unteren und oberen Toleranzgrenze der Rohteilkontur dargestellt.

In der Figur 1 ist schematisch dargestellt, wie die Nockenwelle 1 mit dem zu schleifenden Funktionsbauteil 2, beispielweise dem Nocken, sich in der Messstation

zum Messen der Rohteilkontur am Ende der Montagelinie (hier nicht dargestellt) befindet. Mit einer zum Messen verwendeten Sensorik 13, hier im Beispiel ein Messtaster oder eine Lasertriangulationseinrichtung, werden die Profildaten des Nockens 2 erfasst. Die Messwerte werden über die Signalleitung 9 einem Prozessrechner 5 zugeführt. Der Prozessrechner 5 verfügt über einen Datenspeicher 7 zur Abspeicherung mehrerer Schleifprogramme, welche insbesondere Zustellprogramme beinhalten. Weiterhin verfügt der Prozessrechner 5 über ein Rechenwerk 6, einen zweiten Datenspeicher 8 und entsprechende interne Datenleitungen 10, die üblicherweise durch einen Datenbus realisiert werden. Im Rechenwerk 6 des Prozessrechners 5 wird aufgrund des Einganges an der Signalleitung 9, dem Messwert, ein entsprechendes Schleifprogramm aus dem Datenspeicher 7 ausgewählt und in den Datenspeicher 8 abgelegt. Über die Datenleitung 11 wird das entsprechende Schleifprogramm, welches insbesondere das entsprechende Zustellprogramm beinhaltet, an die Steuerung 4 der Schleifmaschine 3 übertragen.

Parallel hierzu wird die Nockenwelle 1 mit einem entsprechenden Übergabehandling 14, beispielsweise einem Roboter, in die Schleifmaschine 3 zur Bearbeitung eingebracht. Über die Steuersignalleitungen 12a und 12b werden die zur Steuerung der Schleifmaschine erforderlichen Daten übertragen und die Nockenwelle 1 entsprechend dem ausgewählten Steuerprogramm geschliffen.

In einer Abwandlung des vorstehend beschriebenen Verfahrens wird die Nockenwelle nach der Messung der Rohteilkontur eindeutig markiert (z.B. Barcode) und über die Steuerleitung 12a auch ein Erkennungssignal zur Erkennung, welche Nockenwelle gerade in der Schleifmaschine eingelegt ist, an die Steuerung 4 übertragen. Die Markierung trägt dabei die Information über die gemessene Rohteilkontur oder das auszuwählende Schleifprogramm. Die Steuerung 4 wählt daran anschließend aus einer Zuordnung von Erkennungssignalen zu Schleifprogrammen das entsprechende Schleifprogramm aus.

In einer alternativen Ausführungsform fordert die Steuerung 4, ausgehend vom Erkennungssignal, das Schleifprogramm vom Prozessrechner 5 an.



Erfindungsgemäß können der Prozessrechner 5 und die Steuerung 4 in eine Recheneinheit 15 integriert sein. Die genaue Ausgestaltung der Recheneinheit kann jedoch sehr unterschiedlich sein. Auch können die Datenleitungen 9, 10, 11, 12a, 12b in ein Bussystem, wie es im Maschinenbau üblich ist, integriert sein.

Anhand der Tabelle 1 und der Figur 2 erfolgt eine Gegenüberstellung des Standes der Technik zum erfindungsgemäßen Verfahren. Als Beispiel ist eine Nockenwelle 1 mit Nocken 2 ausgewählt, bei denen das abzuschleifende Übermaß der Rohteile innerhalb der Hüllkurven 17 bis 18 liegt. Dieses Übermaß der Rohteile nach der Montage, bezogen auf die Fertigteilkontur 16, auch Aufmaß genannt, schwankt fertigungsbedingt im Beispiel in einem Intervall von Fertigteilkontur plus 0,1 mm (Hüllkurve 17) bis Fertigmaß plus 0,5 mm (Hüllkurve 18). Dabei müssen die Übermaße an allen Punkten der äußeren Umfangskontur des Nockens innerhalb des Bereiches zwischen der Hüllkurve 17 und der Hüllkurve 18 liegen. Im ausgewählten Beispiel beträgt das tatsächliche Übermaß an irgendeinem Punkt der Kontur 0,35 mm.

Die Zustellung der Schleifscheibe muss so erfolgen, dass in keinem Fall die Schleifscheibe mit höchster Geschwindigkeit, wie sie für das Heranfahren der Scheibe an das Werkstück verwendet wird, in die Werkstückoberfläche eintaucht.

Nach dem Stand der Technik, wie er in der linken Hälfte der Tabelle 1 gezeigt ist, wird die Schleifscheibe deshalb bis an die Hüllkurve 18 für das größtmögliche Übermaß herangefahren. Daran anschließend werden je Umdrehung des Werkstückes bestimmte Zustellwege gefahren, bis im letzten Schritt, hier die 7. Umdrehung, das Freifunken mit Zustellung 0 mm erfolgt und das Werkstück auf die Fertigteilkontur 16 geschliffen wurde.

Nach dem Stand der Technik bedeutet das 7 Zustellungen mit einem Gesamtzustellweg von 0,5 mm. Die gesamte Prozesszeit beträgt dann beispielsweise ca. 7 Sekunden.

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, wurde die Zustellung jedoch für einen Weg von 0,15 mm mit für das Schleifen angepasster Geschwindigkeit durchgeführt, obwohl

gar kein Abschleifen von Werkstoff erfolgt ist. Dieser Vorgang wird in der Technik auch mit Luftschleifen bezeichnet.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, wie es in der rechten Hälfte der Tabelle 1 dargestellt ist, wird dieses Luftschleifen vollständig beseitigt. Die Zustellung erfolgt direkt an die Hüllkurve des gemessenen Übermaßes, hier +0,35 mm. In 5 weiteren Umdrehungen des Werkstückes ist die Schleifoperation beendet. Die Einsparung an Prozesszeit beträgt im genannten Beispiel etwa 2 Sekunden je Nocken.

Wie in der Tabelle 1 weiterhin dargestellt ist, sind bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Zustellungen für die ersten 2 Umdrehungen größer als beim Stand der Technik. Hier ist eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens gezeigt, bei dem die Zustellgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Dicke des Übermaßes angepasst wird. Für Übermaße, die relativ groß sind, wird in der Regel mit hoher Zustellgeschwindigkeit geschliffen (Schruppschleifen). Erst bei geringen Übermaßen erfolgt eine Absenkung der Zustellgeschwindigkeit (Schlicht-, Feinschlichtschleifen oder Ausfunken). Die hohe Zustellgeschwindigkeit beim Schruppschleifen muss so bemessen sein, dass nicht zu viel Leistung in das Werkstück eingebracht wird und entsprechend keine Überhitzung des Werkstückes erfolgt. So ist im Beispiel als Maximalwert, beim Übermaß von 0,500 mm, eine Zustellung von 0,400 mm je 4 Umdrehungen bis zu einem Aufmaß von 0,100 mm und eine entsprechende Leistungseinbringung vorgesehen. Beträgt das Übermaß jedoch nur 0,350 mm, kann diese Zustellung bis zum Aufmaß von 0,100 mm sogar noch erhöht werden, wobei die gesamte Zustellung den Wert der ursprünglichen Leistungseinbringung nicht überschreiten darf. Als Maß hierfür kann das Zeitspanvolumen herangezogen werden.

Zustellung nach Stand der Technik				Zustellung nach erfindungsgemäßem Verfahren				
jeweils vorhandenes Aufmaß in mm	Werkstück-Umdrehung	Zustellung in mm	Schleifen in der Luft in mm	jeweils vorhandenes Aufmaß in mm	Werkstück-Umdrehung	Zustellung in mm	Schleifen in der Luft in mm	
0.350	1	0.100	0.100				0.000	
0.350	2	0.100	0.050				0.000	
0.300	3	0.100	0.000	0.350	1	0.130	0.000	
0.200	4	0.100	0.000	0.220	2	0.120	0.000	
0.100	5	0.070	0.000	0.100	3	0.070	0.000	
0.030	6	0.030	0.000	0.030	4	0.030	0.000	
0.000	7	0.000	0.000	0.000	5	0.000	0.000	
Summen	0.350	7	0.500	0.150	0.350	5	0.350	0.000

Tabelle 1

Über die beschriebenen Vorteile hinaus bietet das erfindungsgemäße Verfahren noch weitere wichtige Vorteile. So ermöglicht die Messung vor dem Schleifen eine Aussortierung von Wellen, bei denen die Rohteilkontur der Funktionsbauteile bereits zu klein ist, d.h. nicht mehr im Toleranzband liegt. In diesem Fall kann die Welle auch durch eine Weiterbearbeitung nicht mehr zu einem Gutteil werden, sodass ein Schleifen nicht mehr notwendig ist. Dadurch werden Ausschussteile nicht mehr weiterverarbeitet und die dafür nötigen Bearbeitungszeiten und -kosten eingespart.

Der noch größere Vorteil ist zudem auch darin zu sehen, dass Werkstücke mit einem Übermaß, das über die größtzulässige Hüllkurve 18 hinausgeht, ohne Folgeschaden bearbeitet werden können. Dadurch wird es möglich, die Toleranzanforderungen teilweise oder für die Zeit bestimmter Produktionsprobleme abzusenken.

Weiterhin kann die Qualität der Rohteile mit statistischer Breite bestimmt werden, sodass eine Früherkennung von sich anbahnenden Problemen bei vorgelagerten Fertigungsprozessen möglich wird.

Es ist offensichtlich, dass das hier beschriebene Verfahren und die hier beschriebene Vorrichtung auch für andere Bauteile als gebaute Nockenwellen angewendet werden kann. Die Anwendung kann beispielsweise auch für gegossene oder geschmiedete Nockenwellen, Kurbelwellen, Steuerwellen sowie das Schleifen von Lagerstellen von Getriebewellen erfolgen.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Nockenwelle
- 2 Funktionsbauteil, Nocken
- 3 Schleifmaschine
- 4 Steuerung
- 5 Prozessrechner
- 6 Rechenwerk
- 7 Datenspeicher
- 8 Datenspeicher
- 9 Signalleitung
- 10 interne Datenleitung
- 11 Datenleitung
- 12a Steuersignalleitung
- 12b Steuersignalleitung
- 13 Sensorik, Messtaster
- 14 Zuführung Nockenwelle in Schleifmaschine, Übergabehandling
- 15 Recheneinheit
- 16 Fertigteilkontur
- 17 Hüllkurve, untere Toleranzgrenze der Rohteilkontur
- 18 Hüllkurve, obere Toleranzgrenze der Rohteilkontur

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung zum Herstellen einer Fertigkontur eines eine Rohteilkontur aufweisenden Werkstückes durch Schleifen in mehreren Arbeitsgängen, vorzugsweise an Nocken (2) einer Nockenwelle (1), umfassend eine Schleifmaschine (3), die ein Schleifmittel zum Abschleifen eines der Differenz zwischen Rohteilkontur und Fertigkontur entsprechenden Übermaßes aufweist, und eine Steuereinrichtung (4) zum Ansteuern der Schleifmaschine (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Messeinrichtung (13) zum Messen der tatsächlichen Rohteilkontur des Werkstückes vorgesehen ist, welche mittels mindestens einer Datenübertragungseinrichtung (9,10,11,12a,12b) mit der Steuereinrichtung (4) direkt oder indirekt gekoppelt ist, sodass die von der Messeinrichtung (13) ermittelten Messwerte der Steuereinrichtung (4) zuführbar und aus diesen Messwerten von der Steuereinrichtung (4) mindestens Vorgabewerte für die Steuerung der Zustellung des Schleifmittels bestimmbar sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messeinrichtung (13) separat von der Schleifmaschine (3) angeordnet und zwischen der Messeinrichtung (13) und der Schleifmaschine (3) eine Transporteinrichtung für den Werkstücktransport vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen die Messeinrichtung (13) und die Steuereinrichtung (4) ein Prozessrechner (5) geschaltet ist, dem die Messwerte der Messeinrichtung (13) über eine erste Datenübertragungseinrichtung (9) zuführbar sind, sodass durch den Prozessrechner (5) in Abhängigkeit von den Messwerten ein für die vorliegende Schleifaufgabe geeignetes Schleifprogramm auswählbar ist, welches über eine zweite Datenübertragungseinrichtung (11) an die Steuereinrichtung (4) übertragbar ist.

4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel vorgesehen sind, mit denen die durch die Messeinrichtung (13) ermittelten Messwerte und/oder das ausgewählte Schleifprogramm direkt oder indirekt dem einzelnen Werkstück zugeordnet werden.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel dem Werkstück eine die Messwerte beinhaltende Codierung zuordnen und dass weitere Mittel vorgesehen sind, die die Codierung beim Einlegen des Werkstücks in die Schleifmaschine (3) lesen.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel vorgesehen sind, mit denen Werkstücke nach dem Messen der Rohteilkontur in der Messeinrichtung (13) dann nicht einer weiteren Bearbeitung zugeführt werden, wenn die gemessene Rohteilkontur die Fertigungskontur über ein zulässiges Toleranzfeld hinaus unterschreitet.
7. Vorrichtung zum Schleifen einer Fertigungskontur von Nocken (2) einer Nockenwelle (1) mit einer Schleifmaschine (3) und einer diese steuernden Steuereinrichtung (4), wobei durch die Steuereinrichtung (4) Schleifprogramme vorgebar sind, welche Vorgabewerte hinsichtlich der Schleifparameter Drehzahl des Schleifmittels und /oder des Werkstücks, Vorschub, Zustellung und Axialposition des Werkstückes beinhalten, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens folgende Komponenten vorgesehen sind:
  - eine Messeinrichtung (13) zum Messen der zu schleifenden Rohteilkontur des Werkstückes;
  - ein Prozessrechner (5) zur Bestimmung und/oder Auswahl eines oder mehrerer Schleifprogramme;
  - eine erste Datenübertragungseinrichtung (9) zwischen der Messeinrichtung (13) und dem Prozessrechner (5) sowie eine zweite Datenübertragungseinrichtung (11) zwischen dem Prozessrechner (5) und der Steuereinrichtung (4), wobei die von der Messeinrichtung (13) gemessenen

Messwerte der Rohteilkontur über die erste Datenübertragungseinrichtung (9) dem Prozessrechner (5) zuführbar sind, in Abhängigkeit von diesen Messwerten im Prozessrechner (5) mindestens ein Schleifprogramm bestimmt und/oder ausgewählt wird und über die zweite Datenübertragungseinrichtung (11) der Steuereinrichtung (4) zuführbar ist und die Schleifmaschine (3) von der Steuereinrichtung (4) entsprechend dem bestimmten und/oder ausgewählten Schleifprogramm steuerbar ist.

8. Verfahren zum Herstellen einer Fertigungskontur eines Rohteilkontur aufweisenden Werkstückes durch Schleifen in mehreren Arbeitsgängen, vorzugsweise an Nocken (2) einer Nockenwelle (1), bei welchem die Rohteilkontur des Werkstückes in jedem Arbeitsgang um ein vorgebbares Maß abgeschliffen wird, sodass nach dem letzten Arbeitsgang die Fertigungskontur des Werkstückes vorliegt, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:
  - a) vor Beginn des Schleifprozesses wird die Rohteilkontur des Werkstückes gemessen;
  - b) die ermittelten Messwerte werden direkt oder indirekt an eine Steuereinheit (4) übermittelt;
  - c) in Abhängigkeit von diesen Messwerten wird entweder ein auf die tatsächliche Rohteilkontur angepasstes Schleifprogramm errechnet, bei dem die Steuerung der Zustellung des Schleifmittels der Schleifmaschine (3) unter Berücksichtigung der tatsächlichen Rohteilkontur erfolgt, oder ein vorgegebenes und abgespeichertes Schleifprogramm ausgewählt, bei dem die Steuerung der Zustellung des Schleifmittels der Schleifmaschine (3) an die tatsächliche Rohteilkontur im Vergleich zu den übrigen auswählbaren Schleifprogrammen am besten angepasst ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einem nicht veränderbaren Schleifprogramm mit mehreren Schleifarbeitsgängen, abhängig von den ermittelten Messwerten der Rohteilkontur, ein erster Schleifarbeitsgang übersprungen wird.



10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu dem ersten Schleifarbeitsgang weitere, sich an den ersten anschließende Schleifarbeitsgänge übersprungen werden.

1 / 2

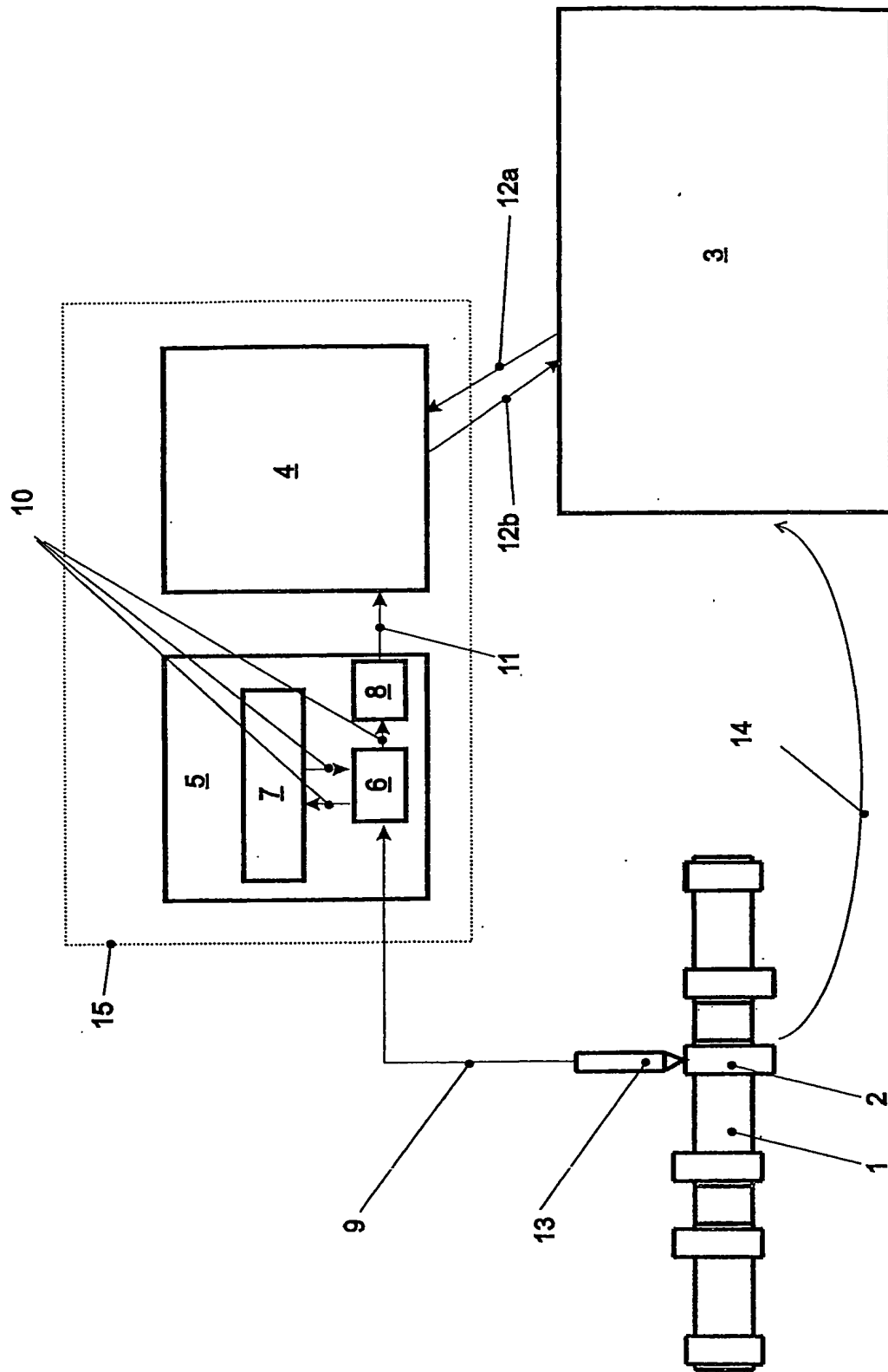


Fig. 1

2 / 2

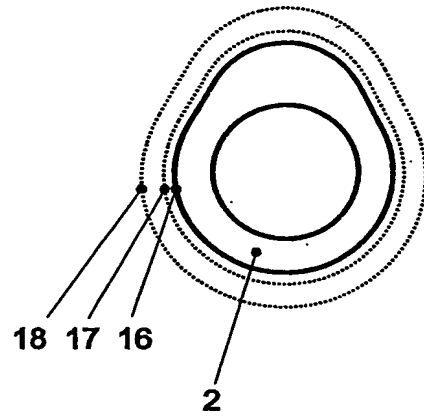


Fig. 2